

Requested Patent: JP2002345077A

Title:

STEREOPHONIC SOUND FIELD CREATING SYSTEM BY ULTRASONIC WAVE  
SPEAKER ;

Abstracted Patent: JP2002345077 ;

Publication Date: 2002-11-29 ;

Inventor(s): ISHIMARU ICHIRO ;

Applicant(s): KANSAI TLO KK ;

Application Number: JP20020010019 20020118 ;

Priority Number(s):

JP20020010019 20020118; JP20010031036 20010207; JP20010075734 20010316 ;

IPC Classification: H04R3/12; H04R1/32; H04R1/40; H04R3/00 ;

Equivalents: ;

#### ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a system that can create an audible sound field at an optional point in a space without the need for a mechanical drive mechanism. SOLUTION: Two speakers 11, 12 emit ultrasonic waves whose frequency  $f_1$  is the same but whose phases differ from each other so as to create an intense linear ultrasonic wave sound field only in a particular direction (shown in dotted lines) through the interference between them. Similarly two speakers 21, 22 emit ultrasonic waves whose frequency  $f_2$  is the same but whose phases differ from each other so as to create an intense linear ultrasonic wave sound field only in a particular direction (shown in dotted lines) through the interference between them. When a difference between the frequencies  $f_1, f_2$  is selected to be a frequency within an ultrasonic wave band (20 kHz or over), an ultrasonic wave sound field with a frequency  $f_3 = |f_1 - f_2|$  is created only at cross points of both the interference ultrasonic wave sound fields (auditory area). When other ultrasonic wave speaker 31 emits an ultrasonic wave resulting from superimposing an audible sound wave on the ultrasonic wave with the frequency  $f_3$ , an audible tone by beat can be created in the auditory area.

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-345077

(P2002-345077A)

(43) 公開日 平成14年11月29日 (2002. 11. 29)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 4 R 3/12		H 0 4 R 3/12	Z 5 D 0 1 8
1/32	3 3 0	1/32	3 3 0 5 D 0 1 9
1/40	3 1 0	1/40	3 1 0 5 D 0 2 0
3/00	3 3 0	3/00	3 3 0

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2002-10019(P2002-10019)

(22) 出願日 平成14年1月18日 (2002. 1. 18)

(31) 優先権主張番号 特願2001-31036(P2001-31036)

(32) 優先日 平成13年2月7日 (2001. 2. 7)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2001-75734(P2001-75734)

(32) 優先日 平成13年3月16日 (2001. 3. 16)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 899000046  
関西ティール・エル・オー株式会社  
京都府京都市下京区中堂寺栗田町93番地

(72) 発明者 石丸 伊知郎  
香川県高松市林町2217-20 香川大学工学部内

(74) 代理人 100095670  
弁理士 小林 良平 (外1名)

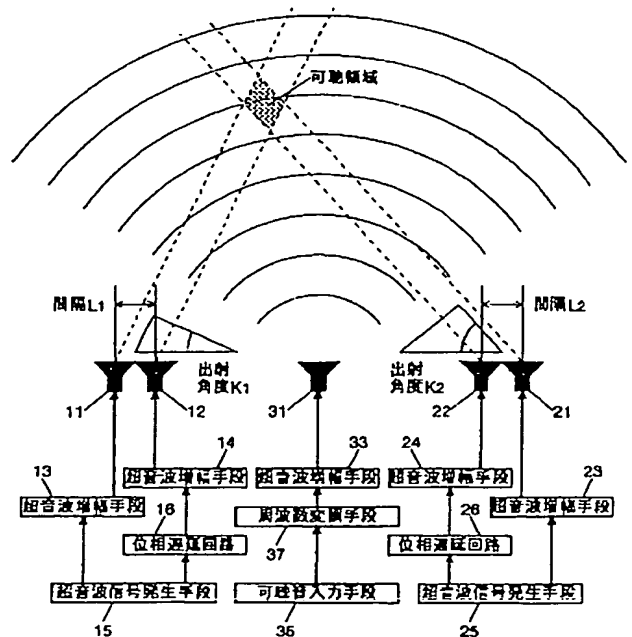
Fターム(参考) 5D018 AF16 AF22  
5D019 AA02 BB17  
5D020 AD01

(54) 【発明の名称】 超音波スピーカによる立体音場形成システム

(57) 【要約】

【課題】 機械的な駆動機構を必要とすることなく、空間内の任意の点に可聴音場を形成することのできるシステムを提供する。

【解決手段】 同一の周波数 $f_1$ で位相を離れた超音波を2本のスピーカ11、12から放射し、それらの干渉により特定方向(点線)にのみ強い線状の超音波音場を形成する。同様に、別の周波数 $f_2$ で位相を離れた超音波を2本のスピーカ21、22から放射し、それらの干渉により特定方向(点線)にのみ強い線状の超音波音場を形成する。 $f_1$ と $f_2$ の差も超音波域(20kHz以上)となるようにしておく、両干渉超音波音場の交差点(可聴領域)においてのみ周波数 $f_3 = |f_1 - f_2|$ の超音波音場が形成される。更に別の超音波スピーカ31から、周波数 $f_3$ の超音波に可聴音を重畳した超音波を放射すると、可聴領域において、うなりにより可聴音が生成される。



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 a) 周波数 $f_1$ の超音波を送波する第1超音波送波手段と、周波数 $f_1$ で、第1超音波送波手段の発する超音波と位相が $\theta_1$ だけずれた超音波を送波する第2超音波送波手段とから成る第1送波グループと、  
b) 前記周波数 $f_1$ との差が超音波域となる周波数 $f_2$ の超音波を送波する第2超音波送波手段と、周波数 $f_2$ で、第2超音波送波手段の発する超音波と位相が $\theta_2$ だけずれた超音波を送波する第2超音波送波手段とから成る第2送波グループと、  
c)  $|f_1 - f_2|$ の周波数を有する超音波に対して可聴音波の周波数差を有する超音波を送波する可聴音重畳超音波送波手段と、  
を備えることを特徴とする立体音場形成システム。

【請求項2】 前記位相差 $\theta_1$ 及び/又は $\theta_2$ を変化させる手段を更に備えることを特徴とする請求項1記載の立体音場形成システム。

【請求項3】 第1送波グループに、第1超音波送波手段の発する超音波と位相が $\theta_{12}$ だけずれた超音波を送波する第1超音波送波手段を、第2送波グループに、第2超音波送波手段の発する超音波と位相が $\theta_{22}$ だけずれた超音波を送波する第2超音波送波手段を、それぞれ設けたことを特徴とする請求項1又は2に記載の立体音場形成システム。

【請求項4】  $|f_1 - f_2|$ の周波数を有する超音波に対して別の可聴音波の周波数差を有する超音波を送波する第2の可聴音重畳超音波送波手段を更に設けたことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の立体音場形成システム。

【請求項5】  $|f_1 - f_2|$ の周波数を有する超音波に対して上記可聴音波に位相差を設けた可聴音波の周波数差を有する超音波を送波する第3の可聴音重畳超音波送波手段を更に設けたことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の立体音場形成システム。

【請求項6】 各送波グループより、異なる周波数の超音波を重畳した超音波を送波するようにしたことを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の立体音場形成システム。

【請求項7】 a) 搬送超音波に可聴音を重畳した合成超音波を広域空間に発する広域超音波送波手段と  
b) 該搬送超音波と同一周波数の超音波を狭域空間に発する携帯型超音波送波手段と、  
を含み、利用者が携帯型超音波送波手段を保持しつつ広域空間内を移動することにより利用者の周辺においてのみ両超音波の干渉により可聴音を再生することを特徴とする立体音場形成システム。

【請求項8】 上記広域超音波送波手段が、周波数 $f_3$ の超音波を送波する第3超音波送波手段と、周波数 $f_3$ で、第3超音波送波手段の発する超音波と位相が $\theta_3$ だけずれた超音波を送波する第3超音波送波手段とから

ら成ることを特徴とする請求項7記載の立体音場形成システム。

【請求項9】 a) 周波数 $f_6$ の超音波を送波する第1超音波送波手段と、周波数 $f_6$ で、第1超音波送波手段の発する超音波と位相が $\theta_4$ だけずれた超音波を送波する第2超音波送波手段とから成る第1送波グループと、

b) 前記周波数 $f_6$ の超音波に可聴音を重畳した超音波を送波する第1超音波送波手段と、第1超音波送波手段の発する超音波と位相が $\theta_5$ だけずれた超音波を送波する第2超音波送波手段とから成る可聴音重畳超音波送波グループと、  
を備えることを特徴とする立体音場形成システム。

【請求項10】 前記位相差 $\theta_4$ 及び/又は $\theta_5$ を変化させる手段を更に備えることを特徴とする請求項9記載の立体音場形成システム。

【請求項11】 第1送波グループに、第1超音波送波手段の発する超音波と位相が $\theta_{42}$ だけずれた超音波を送波する第1超音波送波手段を、可聴音重畳超音波送波グループに、第1超音波送波手段の発する超音波と位相が $\theta_{52}$ だけずれた超音波を送波する第2超音波送波手段を、それぞれ設けたことを特徴とする請求項9又は10に記載の立体音場形成システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、超音波スピーカを用いて、3次元空間内の所望の狭い範囲のみに音声を供給し、それ以外の場所ではその音声が聞こえないようにする立体音場形成システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 空間内の或る範囲内にのみ音声を供給する方法は従来より種々考案されている。その一つに指向性スピーカを用いる方法があるが、その中には、可聴音を狭い範囲に放射する通常の指向性スピーカの他、超音波に可聴音を重畳させて狭い範囲に放射するパラメトリックアレイスピーカもある。例えば特開2000-36993「超指向性スピーカ装置」には、パラメトリックアレイスピーカの弱点である低音圧レベルを改善した超指向性スピーカ装置が開示されている。

【0003】 一方、複数の超音波音源を用いることにより特定点のみに可聴音を再現するという方法も考えられている。例えば、特開平11-145915「超音波超指向性拡声装置」には、2本の指向性超音波音源を使用し、一方の音源からは可聴音波で変調した超音波を、他方の音源からは無変調の超音波を放射することにより、その交差点のみに可聴音場を形成するという方法が開示されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 指向性スピーカを用いる方法では、いかに指向性の高いスピーカを用いても音

(3)

3

声が供給される範囲は線状であり、点状の位置のみに音声を供給することはできない。

【0005】一方、特開平11-145915に開示されている方法では、音場の形成を1点に絞ることができるものの、それを任意の位置に移動させるためには両超音波スピーカの向きを機械的に変えなければならず、複雑な駆動装置が必要となる。

【0006】本発明はこのような課題を解決するために成されたものであり、その目的とするところは、機械的な駆動機構を必要とすることなく、空間内の任意の点に可聴音場を形成することのできるシステムを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために成された本発明に係る立体音場形成システムには、3つの態様が考えられる。第1の態様は、以下の各要素を備えることを特徴とするシステムである。

a) 第1送波グループ。この中には次の要素が含まれる。

a1) 周波数 $f_1$ の超音波を送波する第1 1超音波送波手段

a2) 周波数 $f_1$ で、第1 1超音波送波手段の発する超音波と位相が $\theta_1$ だけずれた超音波を送波する第1 2超音波送波手段

b) 第2送波グループ。この中には次の要素が含まれる。

b1) 前記周波数 $f_1$ との差が超音波域となる周波数 $f_2$ の超音波を送波する第2 1超音波送波手段

b2) 周波数 $f_2$ で、第2 1超音波送波手段の発する超音波と位相が $\theta_2$ だけずれた超音波を送波する第2 2超音波送波手段

c)  $|f_1 - f_2|$ の周波数を有する超音波に対して可聴音波の周波数差を有する超音波を送波する可聴音重畳超音波送波手段。

【0008】第2の態様は、次のようなシステムである。すなわち、

a) 搬送超音波に可聴音を重畳した合成超音波を広域空間に発する広域超音波送波手段と

b) 該搬送超音波と同一周波数の超音波を狭域空間に発する携帯型超音波送波手段と、  
を含み、利用者が携帯型超音波送波手段を保持しつつ広域空間内を移動することにより利用者の周辺においてのみ両超音波の干渉により可聴音を再生する。

【0009】第3の態様は、以下の各要素を備えることを特徴とするシステムである。

a) 第1送波グループ。この中には次の要素が含まれる。

a1) 周波数 $f_6$ の超音波を送波する第1 0 1超音波送波手段。

a2) 周波数 $f_6$ で、第1 0 1超音波送波手段の発する超音波と位相が $\theta_4$ だけずれた超音波を送波する第1 0 2超音波送波手段。

b) 可聴音重畳超音波送波グループ。この中には次の要素が含まれる。

4

b1) 前記周波数 $f_6$ の超音波に可聴音を重畳した超音波を送波する第1 1 1超音波送波手段。

b2) 第1 1 1超音波送波手段の発する超音波と位相が $\theta_5$ だけずれた超音波を送波する第1 1 2超音波送波手段。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明の第1の態様の実施形態は次の通りである。第1送波グループの2つの超音波送波手段（第1 1超音波送波手段及び第1 2超音波送波手段）からは、同一周波数 $f_1$ で位相差が $\theta_1$ である超音波が送波される。両超音波はその前方の空間で干渉し、或る方向においてのみ、その超音波の強度（振幅）が大きくなる。その方向 $K_1$ は、両超音波送波手段（第1 1超音波送波手段及び第1 2超音波送波手段）の間の距離 $L_1$ と位相差 $\theta_1$ に応じて次式により定まる（ $c$ は音速）。

$$K_1 = \sin^{-1}((c \cdot \theta_1) / (2 \cdot \pi \cdot L_1 \cdot f_1))$$

【0011】第2送波グループの2つの超音波送波手段（第2 1超音波送波手段及び第2 2超音波送波手段）からも同様に、同一周波数 $f_2$ で位相差が $\theta_2$ である超音波が送波され、両超音波はその前方の空間で干渉して、次の方向 $K_2$ においてのみ強度（振幅）が大きくなる（ $L_2$ は第2 1超音波送波手段と第2 2超音波送波手段の間の距離）。

$$K_2 = \sin^{-1}((c \cdot \theta_2) / (2 \cdot \pi \cdot L_2 \cdot f_2))$$

【0012】両送波グループからの干渉波が交差する点では、両干渉波のうなり（干渉）が生ずる。第1送波グループからの干渉波の周波数は $f_1$ 、第2送波グループからの干渉波の周波数は $f_2$ であるため、交差点において生じるうなり（「局在干渉波」と呼ぶ）の周波数 $f_3$ はその差 $|f_1 - f_2|$ である。本発明ではこの周波数 $f_3$ も超音波域（すなわち、約20kHz以上）となるようにしているため、この局在干渉波自体は人間には聞こえない。

【0013】本発明の第1の態様では更に、これら第1、第2送波グループとは別に超音波送波手段（可聴音重畳超音波送波手段）を設けている。この送波手段からは、上記周波数 $f_3$ の超音波に、供給したい可聴音の音声波を重畳した超音波を同じ前方空間に送波する。これにより、上記交差点においては、この可聴音重畳超音波が上記の局在干渉波と更に干渉し（うなりを生じ）、両超音波の差である可聴音がその交差点において再生される。

【0014】本発明の第2の態様においては、広域超音波送波手段は一般的には所定の場所に固定しておくという使用方法が多いと考えられるが、例えばトラック等で移動可能にしておき、イベント会場等で一時的に固定するという使用方法も考えられる。更には、携帯型超音波送波手段を保持する利用者と一緒に移動するものであってもよい（例えば、電車、バス等に設置する）。

【0015】また、本発明の第1の態様の考え方を取り入れ、合成超音波の存在域を制限するという方法をとることも可能である。ただしこの場合、再現すべき可聴音

5

波は、第1の態様の場合とは異なり、合成超音波の方に予め重畳しておく。

【0016】本発明の第3の態様の実施形態は次の通りである。第1送波グループの2つの超音波送波手段（第101超音波送波手段及び第102超音波送波手段）からは、上記第1の態様の両送波グループと同様に、同一周波数 $f_6$ で位相差が $\theta_4$ である超音波が送波され、両超音波はその前方の空間で干渉して、次の方向 $K_3$ においてのみ強度（振幅）が大きくなる（ $L_3$ は第101超音波送波手段と第102超音波送波手段の間の距離）。

$$K_3 = \sin^{-1}((c \cdot \theta_4) / (2 \cdot \pi \cdot L_3 \cdot f_6))$$

【0017】可聴音重畳超音波送波グループの2つの超音波送波手段（第111超音波送波手段及び第112超音波送波手段）からは、可聴音が重畳され、同一周波数 $f_6$ （上記周波数と同じ）で位相差が $\theta_5$ である超音波が送波される。両超音波はその前方の空間で干渉して、次の方向 $K_4$ においてのみ強度（振幅）が大きくなる（ $L_4$ は第111超音波送波手段と第112超音波送波手段の間の距離）。

$$K_4 = \sin^{-1}((c \cdot \theta_5) / (2 \cdot \pi \cdot L_4 \cdot f_6))$$

【0018】両送波グループからの干渉波が交差する点では、上記第1の態様の場合と同様に、交差点において局在干渉波が生ずる。この場合、生成される局在干渉波自体が可聴音となり、上記交差点において再生される。

【0019】これらを含め、本発明に係るシステムはいずれの態様においてもこの他に種々のバリエーションを考案することができるため、その詳細を次の実施例において詳しく説明する。

#### 【0020】

【実施例】図1～図4を用いて、本発明の第1の態様の一実施例を説明する。本実施例の立体音場形成システムでは、音場を形成しようとする空間（以下、対象空間と呼ぶ）に向けて、2グループの超音波スピーカセットを配置する。第1のグループのスピーカセットは2台の超音波スピーカ11及び12から成り、第2のグループのスピーカセットも2台の超音波スピーカ21及び22から成る。また、それらとは別に、第5の超音波スピーカ31を対象空間に向けて配置する。各スピーカ11、12、21、22、31には超音波増幅手段13、14、23、24、33をそれぞれ接続する。

【0021】各グループの2台の超音波スピーカ[11、12]、[21、22]は同一の超音波信号発生手段15、25から同一の周波数の超音波信号を受ける。各超音波信号発生手段15、25が発生する超音波の周波数をそれぞれ $f_1$ 、 $f_2$ とすると、両周波数は、その差 $|f_1 - f_2|$ がやはり超音波域（すなわち、20kHz以上）となるように設定される。

【0022】また、各グループの2台の超音波スピーカのうち、一方のスピーカ12、22と超音波信号発生手段15、25との間には位相遅延回路16、26をそれ

6

ぞれ設ける。

【0023】第5の超音波スピーカ31には、周波数変調手段37を介して、目的とする可聴音信号を入力する手段35を接続する。なお、可聴音信号を記憶しておくための記憶手段を可聴音入力手段35の前に設けてもよい。

【0024】このシステムの動作を具体的に説明する。例えば、第1グループの超音波信号発生手段15からは、図2(a)に示す周波数 $f_1 = 40\text{kHz}$ （波長 $\lambda_1$ ）の超音波を発生する。この超音波信号は、超音波増幅手段13を介して、そのまま第1スピーカ11に送られる。同じ周波数 $f_1 = 40\text{kHz}$ （波長 $\lambda_1$ ）の超音波は第2スピーカ12にも送られるが、こちらの方は位相遅延回路により位相が $\theta_1$ （rad）だけ遅延される。図3に示すように、これらの超音波が第1及び第2スピーカから出射されると両超音波は干渉し、その位相差 $\theta_1$ により次式で算出される出射角度 $K_1$ の方向においてのみその振幅を増し、それ以外の方向では打ち消し合う。

$$K_1 = \sin^{-1}((c \cdot \theta_1) / (2 \cdot \pi \cdot L_1 \cdot f_1))$$

（ただし、 $L_1$ はスピーカ11と12との間の距離）

【0025】一方、第2グループの超音波信号発生手段25は、図2(b)に示す周波数 $f_2 = 60\text{kHz}$ （波長 $\lambda_2$ ）の超音波を発生する。第1のグループの周波数 $f_1$ との差 $|f_1 - f_2| = f_3$ は20kHzである。第2グループにおいて両スピーカ21、22の送波する超音波の位相差を $\theta_2$ （rad）とすると、上記同様次式により、第2グループのスピーカセットからは出射角度 $K_2$ の方向に強い干渉波が出射される。

$$K_2 = \sin^{-1}((c \cdot \theta_2) / (2 \cdot \pi \cdot L_2 \cdot f_2))$$

（ただし、 $L_2$ はスピーカ21と22との間の距離）

【0026】これら2つの干渉波が交わる領域（以下、これを可聴領域と呼ぶ。図1のハッチング部分）において、両グループのスピーカセットからの音波がうなり

（干渉）を生じ、両周波数の差である $|f_1 - f_2| = f_3$ の音波（超音波）場を形成する。今の場合、第1グループのスピーカセットからの超音波の周波数 $f_1$ が40kHz、第2グループのスピーカセットからの超音波の周波数 $f_2$ が60kHzであるので、可聴領域において20kHzの音場（超音波場）が形成される。それ以外の対象空間では、40kHz及び60kHzの超音波が蔓延している。

【0027】なお、図3からも明らかなように、各グループのスピーカセットからの干渉波の出射方向は1つではなく複数の方向となり得る。図3の場合、2方向で干渉している。しかし、スピーカの間隔 $L$ を波長よりも短い程度に十分短くすることにより、この2つの干渉波の方向は離れる。そのため、図3の一方のグループからの干渉波は別のグループからの干渉波とは交差しなくなる。また、幾何学的には交差する方向に射出されても、非常に遠い場所で交差するため、部屋の外になったり、或いは超音波が減衰して実質的には可聴領域は形

(5)

7

成されない。しかし、もちろん、逆に両スピーカの間隔L1を適当に長く設置することにより、同時に複数箇所でも可聴領域を形成するように積極的に利用することも可能である。

【0028】また、第5の超音波スピーカ31からは、周波数 $f_3$  ( $= |f_1 - f_2|$ ) の超音波を搬送波として、目的とする可聴音信号で変調した(可聴音波を重畳した)超音波を対象空間全体に送波する。可聴音信号の周波数を $f_4$ とすると、第5の超音波スピーカ31から送波される超音波の周波数 $f_5$ は $f_3 + f_4$ となる。例えば可聴音波の周波数 $f_4$ を1kHzとすると、第5の超音波スピーカ31から送波される超音波の周波数 $f_5$ は21kHzとなる。

【0029】可聴領域においては、上記うなりにより生じた超音波(周波数 $f_3$ )と、第5スピーカ31からの超音波(周波数 $f_5$ )とが更にうなりを生じ、両周波数の差の音波が生成する。ここで両超音波の差は $|f_5 - f_3| = f_4$ であり、これはまさに可聴音の周波数である。すなわち、可聴領域において、目的とする可聴音波が復調され、可聴領域においてのみ可聴音が聴取可能となっている。

【0030】本システムにおいて重要な点は、スピーカを物理的に動かすことなく、可聴領域の位置を対象空間内で自由に移動させることができることである。すなわち、第1及び第2の各グループに設けた位相遅延回路16、26を用いて各グループの位相差 $\theta_1$ 及び/又は $\theta_2$ を変化させることにより、上記式により各スピーカセットからの干渉波の出射角度 $K_1$ 及び/又は $K_2$ を任意に変化させることができる。従って、その交差領域である可聴領域も任意に移動させることができる。

【0031】上記の例では、可聴領域を自由に移動可能ではあるといっても、その移動範囲は2次元である。可聴領域を対象空間内で3次元的に自由に移動するには、次のような方法をとることができる。図4に示すように、各グループに3個(以上)の超音波スピーカ(11、12、17及び21、22、27)を設け、それら3個(以上)のスピーカの出射する超音波に位相差を設けることにより干渉波の出射範囲を所定の立体角範囲内に収めてビーム状とすることができる。従って、両スピーカセットから出射されるビーム状の干渉波を、目的とする領域に向けることにより、その交差点に可聴領域を形成することができる。

【0032】本発明の第1の態様の別の実施例を図5を用いて説明する。本実施例は、図1に示す形態に、可聴音重畳超音波を送波するスピーカ(図1の形態ではスピーカ31)を1個増設したものである(増設した超音波スピーカを41とする)。本実施例では、可聴領域において相異なる2種類の可聴音波を復調することが可能となる。この効果の主な利用方法はステレオであるが、その他にTVの音声多重放送のように主音声・副音声を同時に供給するという使用方法も考えられる。

8

【0033】ステレオ効果を用いる場合、聴取者にステレオ感を与えるには種々の方法がある。一つは、2種の音波の音量を違える方法であり、本実施例の場合には、例えば、一方の可聴波変調超音波スピーカ31の音量を他方の可聴波変調超音波スピーカ41のそれよりも大きくする。これにより、可聴領域で聴取する人間には、大音量側の可聴波変調超音波スピーカ31に近い方向から音が聞こえるように感じられる。

【0034】音量ではなく、両可聴波の位相をずらせるという方法をとることもできる。具体的には図6に示すように、一方の可聴波変調超音波スピーカ41の可聴音信号入力手段に位相遅延手段46を設ける。可聴波変調超音波スピーカ41の可聴波信号の位相を可聴波変調超音波スピーカ31のそれよりも少し遅くすることにより、可聴領域で聴取する人間にはあたかも可聴波変調超音波スピーカ31に近い方向から音が聞こえるように感じられる。

【0035】ステレオ効果あるいはサラウンド効果を得るためのその他のシステム構成例(スピーカ配置例)を図7、図8、図9に示す。

【0036】本発明の第1の態様の更に別の実施例を図10を用いて説明する。本実施例は、対象空間内に可聴領域を複数形成するものである。前記の通り、図1のシステムでも可聴領域を複数形成することは可能である。しかし、それら複数の箇所を独立して任意の箇所に配置することはできない。そこで、本実施例のシステムでは、可聴音重畳超音波を生成するための超音波を複数送波する。例えば、第1グループの超音波スピーカ51と52からは周波数 $f_{21} = 60\text{kHz}$ と周波数 $f_{22} = 100\text{kHz}$ の2つの周波数の超音波を重畳した超音波を送波する。そして、第2グループの超音波スピーカ61と62からは周波数 $f_{31} = 40\text{kHz}$ で、異なる位相の波を重畳した超音波を送波する。

【0037】詳しく説明すると、第1グループの一方のスピーカ51からは周波数 $f_{11} = 60\text{kHz}$ の超音波(図11(a))と周波数 $f_{12} = 100\text{kHz}$ の超音波(図11(c))を重畳した超音波(図12(a))を送波する。他方のスピーカ52からは同じ周波数 $f_{11} = 60\text{kHz}$ で前記超音波よりも位相が $\theta_{11}$ だけずれた超音波(図11(b))と、同じ周波数 $f_{12} = 100\text{kHz}$ で前記超音波よりも位相が $\theta_{12}$ だけずれた超音波(図11(d))とを重畳した超音波(図12(b))を送波する。この位相ずれ $\theta_{11}$ 及び $\theta_{12}$ により、第1グループのスピーカセットからは2つの出射角度 $K_{11}$ 、 $K_{12}$ にうなり(干渉)超音波を送波することができる。

$$K_{11} = \sin^{-1}((c \cdot \theta_{11}) / (2 \cdot \pi \cdot L_1 \cdot f_{11}))$$

$$K_{12} = \sin^{-1}((c \cdot \theta_{12}) / (2 \cdot \pi \cdot L_1 \cdot f_{12}))$$

【0038】次に、第2グループの一方のスピーカ61からは周波数 $f_{21} = 40\text{kHz}$ の超音波(図13(a))を送波する。他方のスピーカ62からは同じ周波数 $f_{21} = 40\text{kHz}$

9

で、前記超音波と $\theta 21$ の位相差を有する超音波（図13(b)）と $\theta 22$ の位相差を有する超音波（図13(c)）を重畳した超音波（図13(d)）を送波する。この位相ずれ $\theta 21$ 及び $\theta 22$ により、第2グループのスピーカセットからも2つの出射角度 $K21$ 、 $K22$ にうなり（干渉）超音波を送波することができる。

$$K21 = \sin^{-1}((c \cdot \theta 21) / (2 \cdot \pi \cdot L1 \cdot f21))$$

$$K22 = \sin^{-1}((c \cdot \theta 22) / (2 \cdot \pi \cdot L1 \cdot f21))$$

【0039】これら4つの出射角度（ $K11$ 、 $K12$ ）×（ $K21$ 、 $K22$ ）により、図10に示すように4カ所の可聴領域を形成することができる。これら4カ所のうち2カ所は $\theta 11$ 、 $\theta 12$ 、 $\theta 21$ 、 $\theta 22$ を適宜設定することにより任意の箇所に独立して配置することができるが、他の2カ所はそれに随伴した位置に形成される。

【0040】上記実施例では各グループから2方向に干渉波を射出するための手法として、第1グループと第2グループとで異なる手法を用いたが、もちろん両者同じ手法を用いることも可能である。

【0041】上記各種システムはいずれも対象空間内の特定の領域に音場を形成する手段（空中音場形成手段81）であるが、図14に示すように、これにその音場で再生する可聴音の音源の位置を認識する手段（音源位置認識手段82）を組み合わせることにより、本発明に係る音場形成システムは各種の実用的な応用の可能性が開ける。例えば図15に示すように、別の部屋に居る人と、あたかもそこに同席するような自然な感覚で会話を行うことができるようなシステムを構成することができる。話者が部屋の中で場所を移動すれば、その話者の位置を音源位置認識手段により認識し、それに応じて音源再生場である可聴領域の位置を移動させる。

【0042】このシステムの具体的な構成を図16に示す。音源位置認識手段82としては、2本の音検出手段83及び84を用いている。これは、両音検出手段83及び84への音の到達時間の違いを用いて音源の位置を認識するものである。音源位置の認識はこの他に、従来より用いられている各種方法を使用することが可能である。例えば、部屋の中に話者のみならず、他の関係ない人又は音源が存在する場合、特定の人間のみを話者として認識しなければならない。このような場合、予め話者の音声を登録しておいて、話者認識の方法により目的の音声だけを抜き出すのも効果的である。

【0043】図16のシステムに更に、話者の声を聞く方である対話者の位置を認識する手段を加え、対話者の方が移動すればそれに応じて再生音場である可聴領域の位置を移動させるというようにすることもできる。

【0044】本発明の第2の態様の第1実施例を図17により説明する。まず、広域超音波送波手段である広域用超音波スピーカ91からは、利用者に伝達すべき可聴音により変調した超音波（合成超音波）を対象空間に向

(6)

10

の領域を広くしておきたい場合には無指向性のスピーカを使用し、利用対象空間を比較的限定した領域としたい場合は、指向性スピーカを使用する。ここでは、超音波スピーカ91の発する超音波の周波数を例えば20kHzとする。

【0045】利用者は、携帯型超音波送波手段である小型の携帯超音波スピーカ92を首に掛けたり胸ポケットに入れる等して携帯する。この携帯超音波スピーカ92の発する超音波の周波数は、広域用超音波スピーカ91の発する超音波のそれと同じ（上記例では20kHz）とし、その出力は、超音波の到達範囲が半径数十cm程度となるようにしておく。

【0046】このようなシステム構成としておくことにより、携帯超音波スピーカ92の周囲数十cmの範囲内においてのみ、広域用超音波スピーカ91から発せられる合成超音波に重畳された可聴音が干渉により再生され、実質的にそれを保持する利用者のみに音声伝達される。利用者が対象空間内を移動しても、その利用者が携帯超音波スピーカ92を保持する限り、常に音声伝達される。

【0047】なお、広域用超音波スピーカ91は必ずしも特定の場所に固定的に設置する必要はない。これ自体を可搬式又は移動式にすることはもちろん可能である。

【0048】図18に示すように（第2実施例）、指向性の広域用超音波スピーカ911、912、913を複数設け、それぞれ別の対象空間に対して、異なる合成超音波を発射しておくようにすることもできる。これにより、利用者が対象空間毎に異なる音声（例えば絵画の説明等）を聞くことができるようになる。

【0049】次に、合成超音波の存在域を制限する方法の実施例（第3実施例）を図19により説明する。広域超音波送波手段に2個の超音波スピーカ91a、91bを設け、両者より、位相を離れた同一周波数の超音波を送波することにより、図3で説明したように、特定の方向にのみ強い超音波音場を形成しておく。この方向はもちろん、両広域用超音波スピーカ91a、91bの位相差を変化させることにより自由にコントロールすることができる。なお、本実施例のシステムでは、第2の態様の場合と同様に、広域用超音波スピーカ91a、91bの方に可聴音を重畳しておく。

【0050】合成超音波の存在域を更に制限するシステムの構成例（第4実施例）を図20に示す。このシステムでは、広域用超音波スピーカ91c、91d、91e、91fの構成及び作用が図5又は図6のシステムと類似しており、それと同様の方法で干渉超音波の再現域を制限しているが、本システムでは広域用超音波スピーカ91c、91d、91e、91fから発射される超音波の側に伝達すべき可聴音が重畳されている点と、その可聴音を取り出すための復調用超音波が、利用者により保持される携帯型超音波スピーカ92から供給されると

(7)

11

いう点で異なる。

【0051】これらのシステムにより、利用者が特定の領域に入ったときにのみ可聴音を聞くことができるという利用態様を実現することができる。

【0052】なお、上記第2態様の各実施例では、移動側で利用者が保持するのは超音波スピーカであるとしたが、これは電氣的な手段により可聴音を再生するようにしても構わない。図21に、そのような携帯用の可聴音再生手段93の構成例を示す。可聴音再生手段93には、広域用超音波送波手段91から発射された合成超音波を集音するマイク、例えば圧電バイモルフ超音波センサにより音波を電気信号に変換する音波/電気信号変換手段及びその増幅手段を設ける。また、合成超音波の搬送波と同じ周波数の電気信号を発生する電気発振手段と、これを増幅する手段も設ける。これら両信号を混合手段において混合すると、両電気信号の周波数の差成分である可聴音周波数成分を電気信号のうなり(図22(a))として取り出すことができる。これを半波整流手段により整流し(図22(b))、ローパスフィルタにより高周波成分を除去する(図22(c))。こうして取り出された可聴音周波の電気信号を増幅手段により増幅し、これを保持する利用者に可聴音として提供する。これは小型のスピーカで出力してもよいし、イヤホンで出力してもよい。このように、音響的にうなり(干渉)を生じさせ、空気の非線形効果(パラメトリック効果)により復調する方法の他に、電氣的にうなり(干渉)を生じさせ、低周波成分のみを取り出して復調する方法も考えられる。

【0053】本発明の第3の態様の実施例を図23により説明する。第1送波グループは、上記態様1の両送波グループと同様に、2台の超音波スピーカ101及び102、その各々につながる2台の超音波増幅手段、その両者につながる1台の超音波信号発生手段、及び、一方の超音波スピーカ102につながる位相遅延回路を有する。

【0054】一方、可聴音重畳超音波送波グループは、2台の超音波スピーカ111及び112、その各々につながる2台の超音波増幅手段、その両者につながる1台の周波数変調手段、周波数変調手段につながる可聴音入力手段及び、一方の超音波スピーカ112につながる位相遅延回路を有する。

【0055】このシステムの動作を具体的に説明する。第1送波グループの超音波信号発生手段から発生された周波数 $f_6$ (例えば、40kHz)の超音波は、第1スピーカ101には超音波増幅手段13を介してそのまま送られる。一方、同じ周波数 $f_6=40\text{kHz}$ の超音波は第2スピーカ102にも送られるが、こちらの方は位相遅延回路により位相が $\theta_4$ (rad)だけ遅延される。第1の態様の実施例1と同様に、これらの超音波が第1及び第2スピーカから出射されると両超音波は干渉し、その位相差 $\theta_4$

12

により次式で算出される出射角度 $K3$ の方向においてのみその振幅を増し、それ以外の方向では打ち消し合う。

$$K3 = \sin^{-1}((c \cdot \theta_4) / (2 \cdot \pi \cdot L3 \cdot f_6))$$

【0056】一方、可聴音重畳超音波送波グループでは、可聴音入力手段からの可聴音が周波数変調手段によって、上記周波数 $f_6$ (第1送波グループの超音波の周波数と同じ)を持つ超音波に重畳される。可聴音を重畳された超音波は、第1スピーカ111には超音波増幅手段を介してそのまま送られ、第2スピーカ112には位相遅延回路により位相が $\theta_5$ (rad)だけ遅延された超音波が送られる。上記同様次式により、可聴音重畳超音波送波グループのスピーカセットからは出射角度 $K4$ の方向に強い干渉波が出射される。

$$K4 = \sin^{-1}((c \cdot \theta_5) / (2 \cdot \pi \cdot L4 \cdot f_6))$$

【0057】これら2つの干渉波が交わる領域において、両グループのスピーカセットからの音波が局在干渉波を生じ、音波場を形成する。今の場合、第1送波グループの搬送波(周波数 $f_6$ の超音波)と可聴音重畳超音波送波グループの搬送波(周波数 $f_6$ の超音波に可聴音を重畳)から形成される局在干渉波は、その両搬送波の差にあたる可聴波になる。すなわち、第1の態様の場合と異なり、形成された音波場自体が目的とする可聴波となる。

【0058】本システムにおいても、各グループの位相差 $\theta_4$ 及び/又は $\theta_5$ を変化させることにより、スピーカを物理的に動かすことなく、可聴領域の位置を対象空間内で自由に移動させることができる。

【0059】また、各グループに3個(以上)の超音波スピーカを設け、それら3個(以上)のスピーカの出射する超音波に位相差を設けることにより、可聴領域を対象空間内で3次的に自由に移動することもできる。

【0060】

【発明の効果】音情報があふれており、伝えたい人への音情報を伝達する本発明に係るシステムは、様々な応用展開が考えられる。例えば、展覧会における展示物の説明に応用可能である。この場合、展示物の前に人が居ることを感知し、その人へのみ説明が聞こえるようにする。同様に、広い展示会場において、廊下の分岐点で道案内をするシステムにも利用することができる。あるいは、仮想現実(バーチャル・リアリティ)システムの立体音場形成手段としても利用可能である。また、視覚障害者用道案内システムや独居老人に対して会話によりケアを行うシステム等の福祉目的にも広い応用範囲が考えられる。

【0061】現在、歩行者ITS(Intelligent Transport System)と呼ばれる歩行者保護のための交通安全システムが重要な課題となっている。歩行者ITSの情報提供サービスとしては、例えば次のようなものが求められている。

1) 位置情報の提供…バス停の位置やバスのダイヤ案内、



(8)

13

公共施設内（受付の場所等）の案内、商業施設内（出入口、売り場等）の案内、歩行中の事故や高齢者の徘徊・迷子が発生したときに関係者に場所を通知

2) 危険の警告…段差、横断歩道の位置、工事箇所、駅ホームや公共施設での段差、障害物の存在通知

3) 経路案内…目的地点までの適切なルート案内、障害の少ないバリアフリールートの案内、災害時に緊急避難ルートを案内

4) 各種情報提供…美術品や博物館での展示物の説明

【0062】本発明に係る立体音場形成システムは、これらの歩行者ITS情報提供サービスに好適に応用することが可能であり、しかも、それらのシステムを低コストで実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の態様の第1実施例である立体音場形成システムの構成図。

【図2】 上記第1実施例のシステムの各超音波スピーカが送波する超音波の波形図。

【図3】 2つの超音波スピーカにより形成される干渉音場の説明図。

【図4】 可聴領域を点状の領域に制約するためのシステム例の構成図。

【図5】 本発明の第1の態様の第2の実施例である複数の可聴音を供給するためのシステムの構成図。

【図6】 同じく複数の可聴音を供給するための別のシステムの構成図。

【図7】 ステレオ効果あるいはサラウンド効果を得るためのシステムの構成図。

【図8】 ステレオ効果あるいはサラウンド効果を得るための別のシステムの構成図。

【図9】 ステレオ効果あるいはサラウンド効果を得る

14

ための更に別のシステムの構成図。

【図10】 本発明の第1の態様の第3の実施例である複数の可聴領域を形成するためのシステムの構成図。

【図11】 上記第3実施例のシステムの各超音波スピーカが送波する超音波の原波形図。

【図12】 上記第3実施例のシステムの各超音波スピーカが送波する超音波の波形図。

【図13】 上記第3実施例のシステムの各超音波スピーカが送波する超音波の原波形図及び送波波形図。

【図14】 本発明に係るシステムに音源位置認識手段を付加したシステムの概略構成ブロック図。

【図15】 本発明に係る音場形成システムの一つの応用例の等価概念を示す説明図。

【図16】 音源位置認識手段を付加したシステムの具体的な構成図。

【図17】 本発明の第2の態様の第1実施例である立体音場形成システムの構成図。

【図18】 本発明の第2の態様の第2実施例である立体音場形成システムの構成図。

【図19】 本発明の第2の態様の第3実施例である立体音場形成システムの構成図。

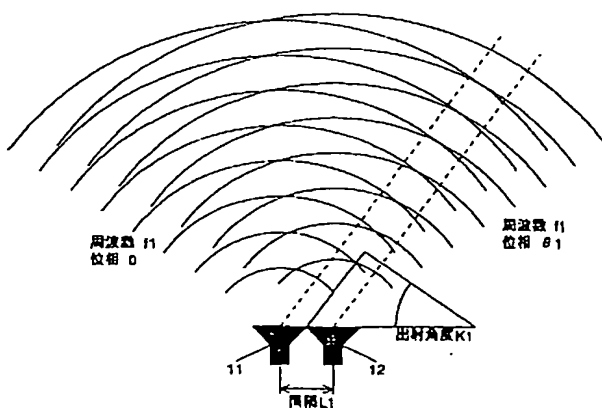
【図20】 本発明の第2の態様の第4実施例である立体音場形成システムの構成図。

【図21】 本発明の第2の態様の立体音場形成システムにおいて、可聴音を電気的に再生するための携帯可聴音再生手段の構成例を示すブロック図。

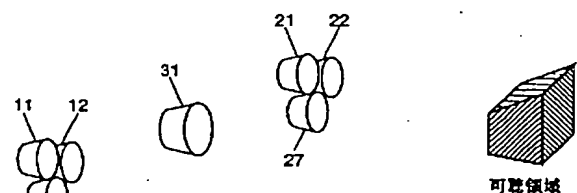
【図22】 同上の例における電気信号の復調の様子を示す波形図。

【図23】 本発明の第3の態様の実施例である立体音場形成システムの構成図。

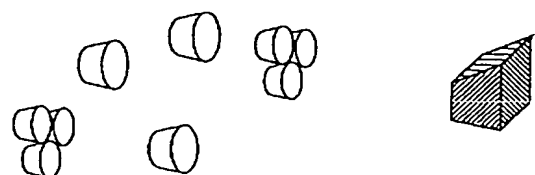
【図3】



【図4】

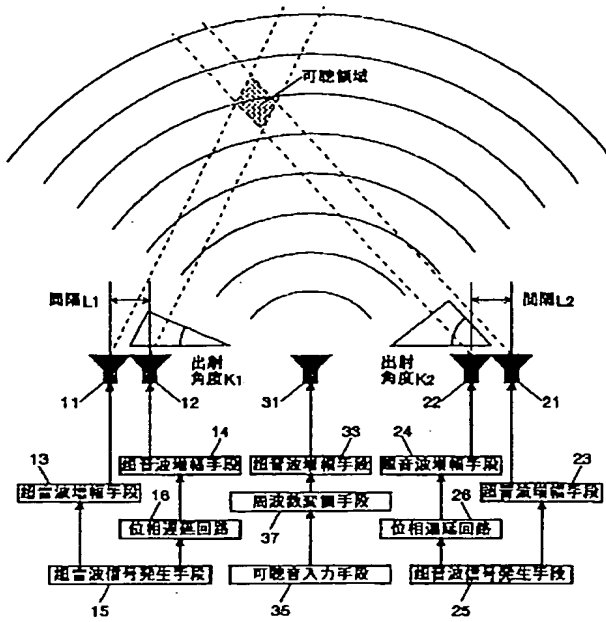


【図9】

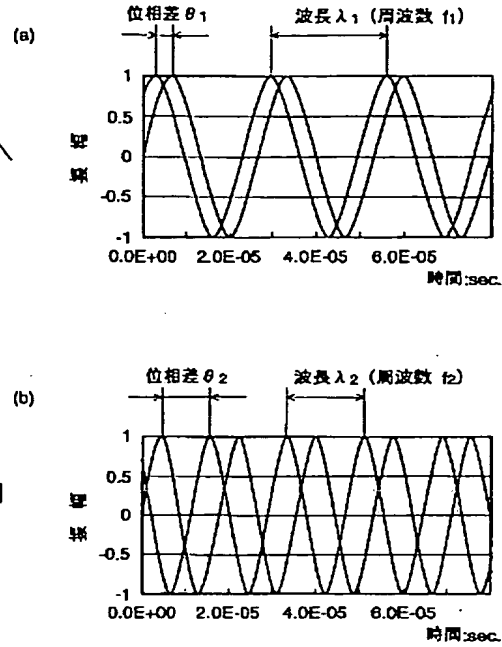


(9)

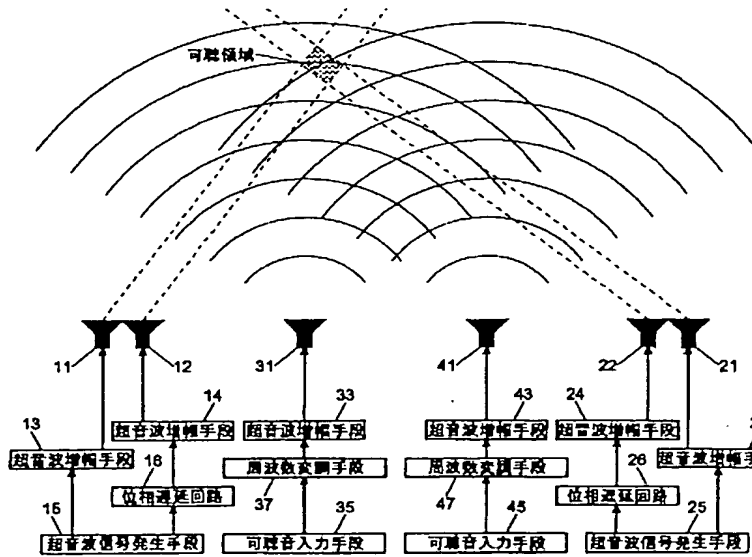
【図1】



【図2】



【図5】



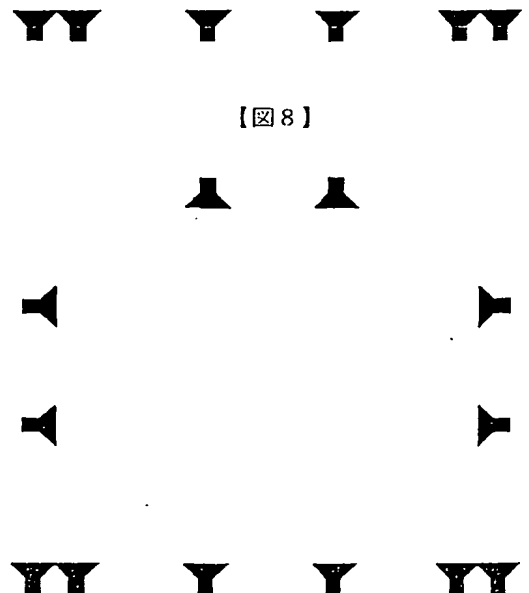
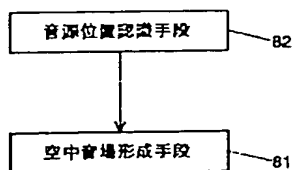
【図7】



【図8】

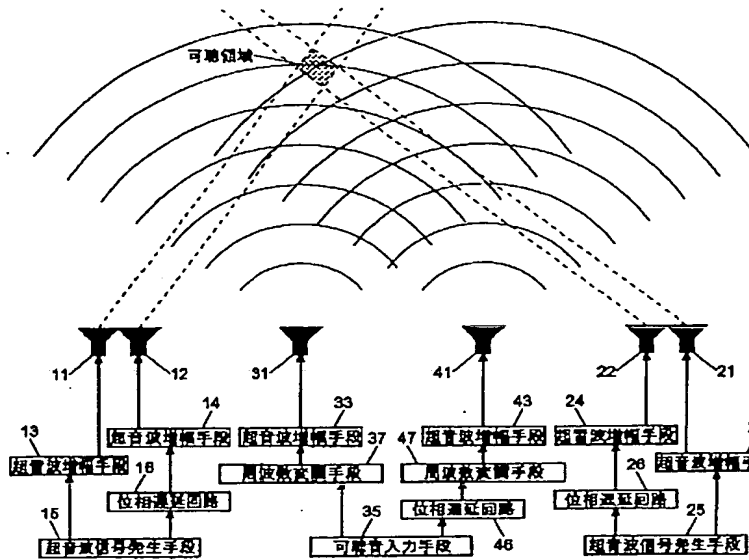


【図14】

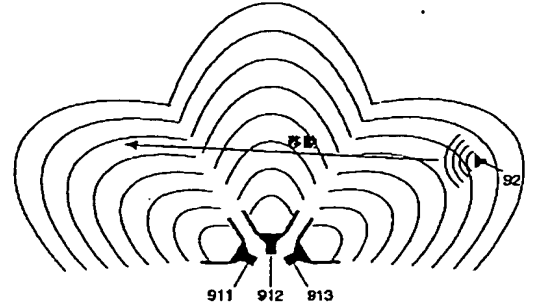


(10)

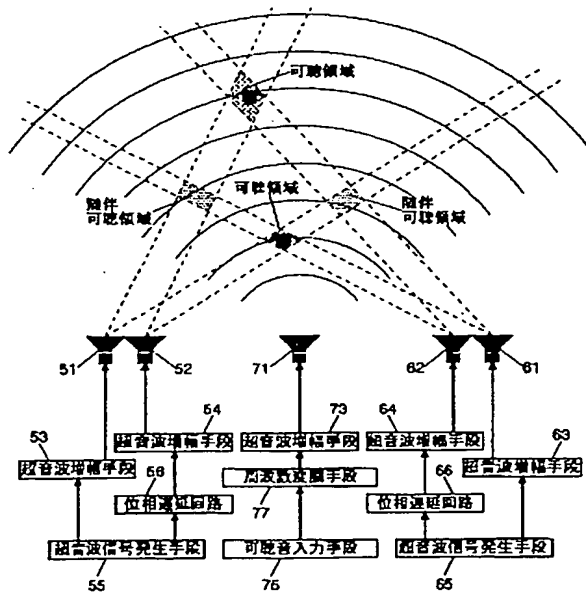
【図6】



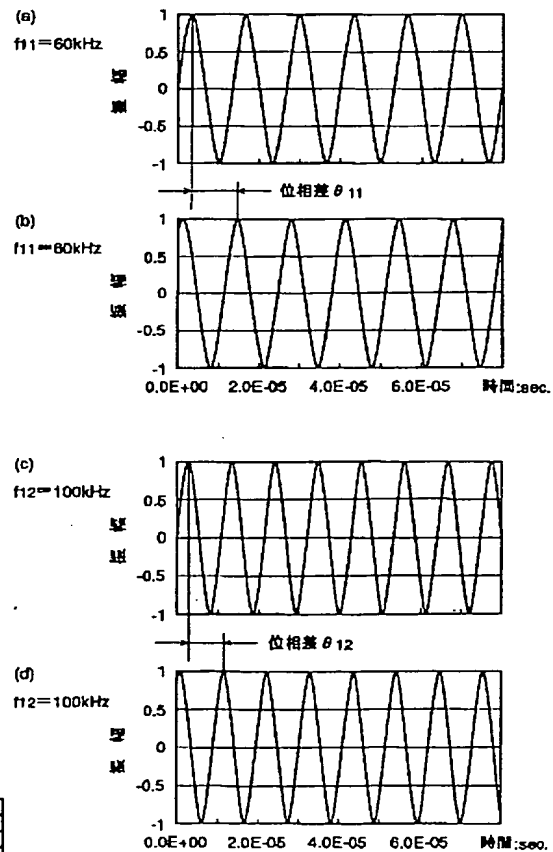
【図18】



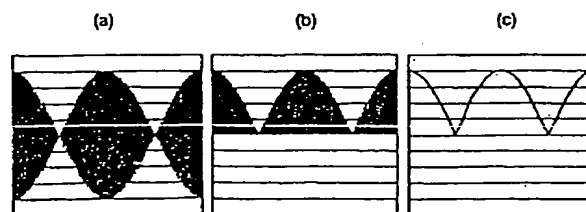
【図10】



【図11】

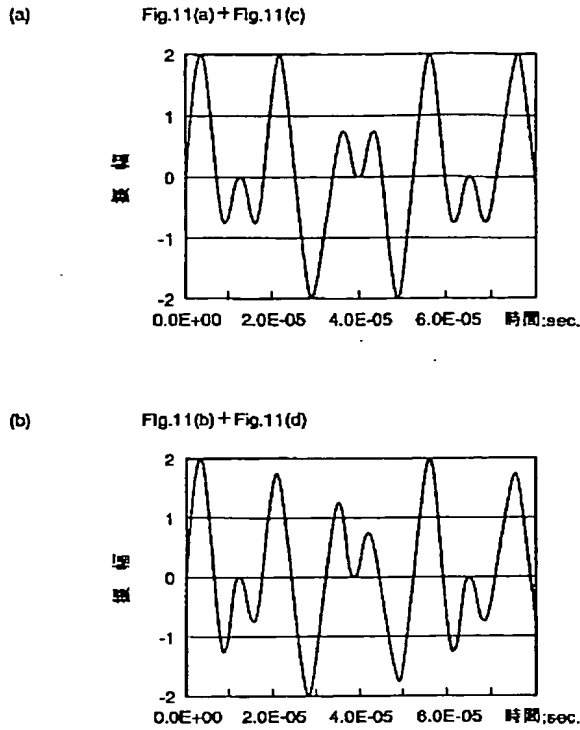


【図22】

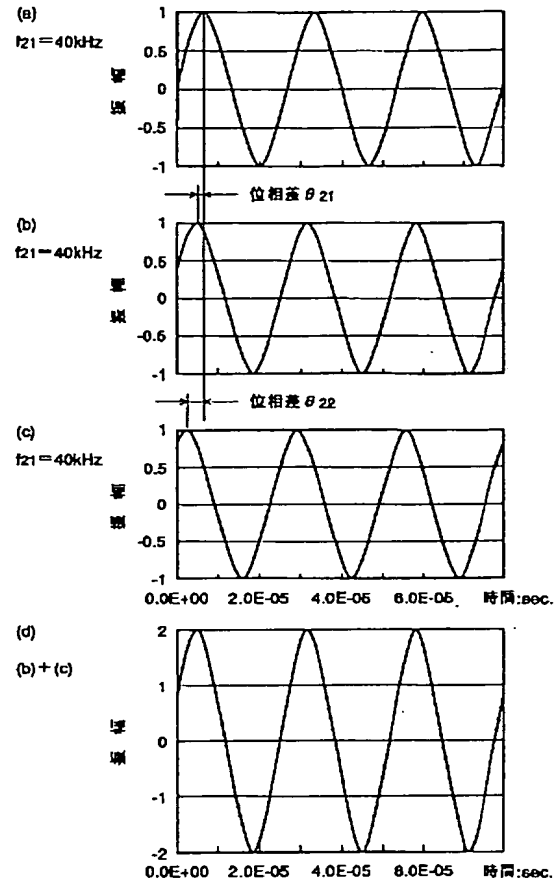


(11)

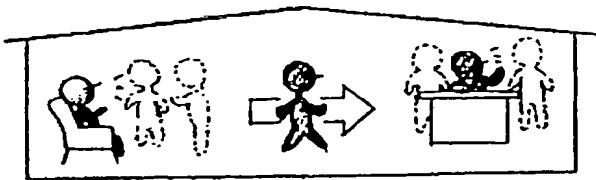
【図 1 2】



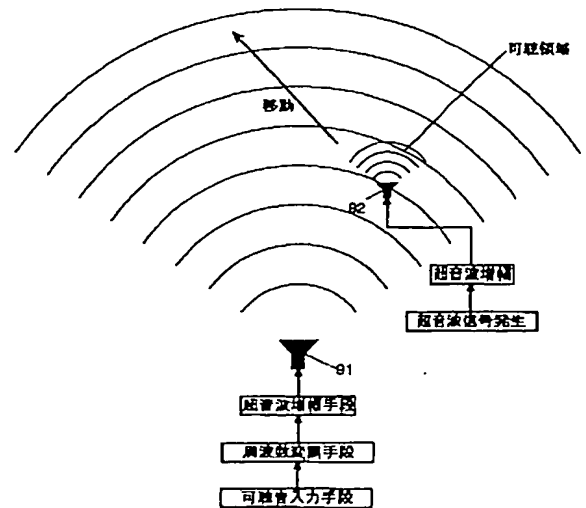
【図 1 3】



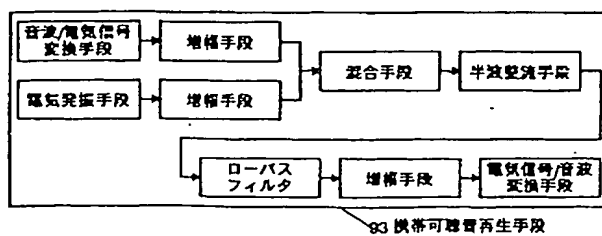
【図 1 5】



【図 1 7】

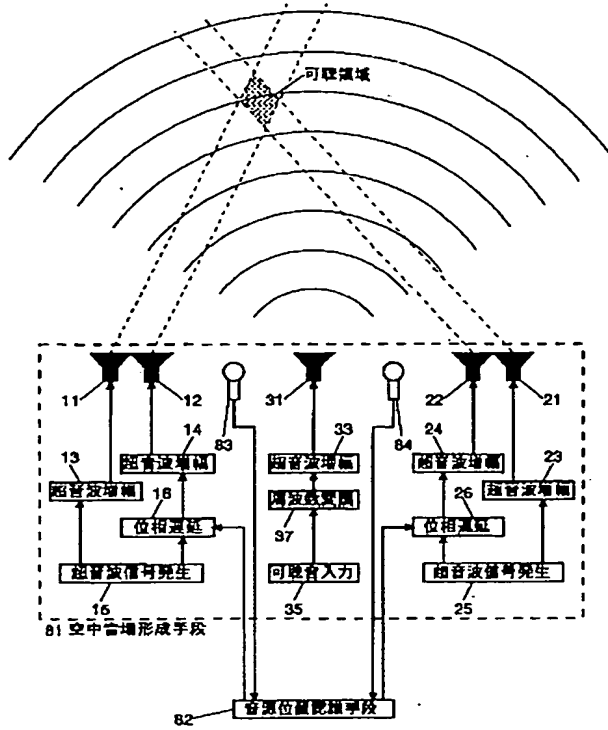


【図 2 1】

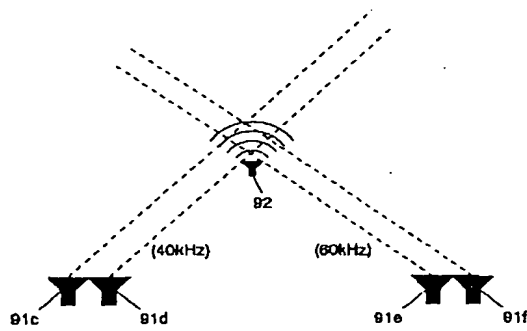


(12)

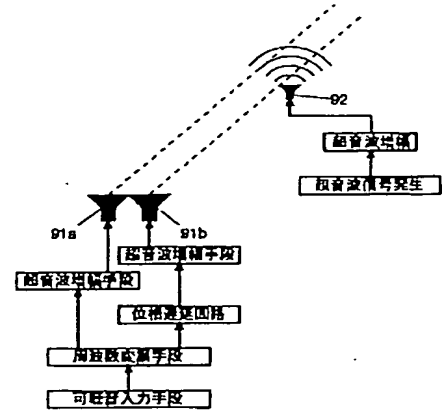
【図16】



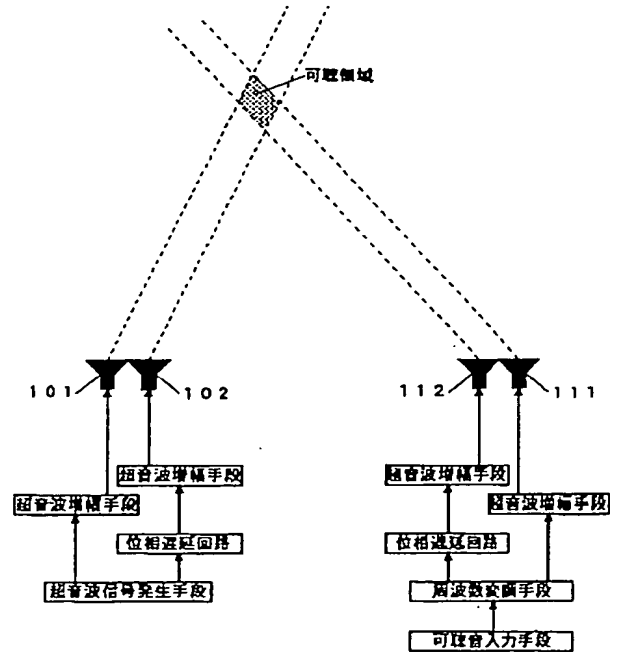
【図20】



【図19】



【図23】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**